

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ลือชา ลดาชาติ^{1*}และกาญจนา มหาลี²

¹วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา แม่กา เมือง พะเยา 56000

²โรงเรียนบ้านนาเรือง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา อุบลราชธานี เขต 4 อุบลราชธานี 34160

*E-mail: ladachart@gmail.com

รับบทความ: 9 ธันวาคม 2558 ยอมรับตีพิมพ์: 18 มิถุนายน 2559

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้ส่งเสริมให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเวลานาน แต่งานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังคงมีน้อย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 74 คน เกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 8 ข้อ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความและจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์บางลักษณะ (เช่น ความแตกต่างระหว่างการสำรวจทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์กันระหว่างคำถามทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์) อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับความเป็นอัตวิสัยที่แฝงอยู่ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์

Lower-Secondary School Students' Understandings about Nature of Scientific Inquiry

Luecha Ladachart^{1*} and Kanchana Mahalee²

¹School of Education, University of Phayao, Maeka, Muang, Phayao 56000, Thailand

²Bannarueng School, Ubonratchathani Primary Educational Service Area Office 4,
Ubon Ratchathani 34160, Thailand

*E-mail: ladachart@gmail.com

Received: 9 December 2015 Accepted: 18 June 2016

Abstract

Thailand has been supporting students to do scientific inquiry for a long time, but research investigating students' understandings about nature of scientific inquiry is still rare. Therefore, this research aimed at studying 74 lower-secondary students' about nature of scientific inquiry. The researchers collected data using a questionnaire, which consists of 8 open-ended questions. The researchers analyzed the data through interpreting and categorizing the students' answers. The results showed that most of the students did not understand some aspects of nature of scientific inquiry (e.g., differences between scientific exploration and scientific experimentation, relation among a scientific question, processes of scientific inquiry, and results of scientific inquiry). However, most of the students understood about subjectivity inherently embedded in scientific inquiry. This research gives suggestions about facilitating students to understand nature of scientific inquiry.

Keywords: Nature of science, Scientific inquiry, Scientific literacy

บทนำ

ประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกได้กำหนดให้ “การรู้วิทยาศาสตร์” (scientific literacy) เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้กับพลเมืองของตนเอง (Bingle and Gaskell, 1994; Hurd, 1998; Kolsto, 2001; Laugksch, 2000; OECD, 2013; Yuenyong and Narjaikaew,

2009) โดยทั่วไปแล้ว “การรู้วิทยาศาสตร์” หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจและมีส่วนร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความหมาย (Fives et al., 2014) ในการนี้ หลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย เห็นตรงกันว่า “การสืบเสาะหาความรู้” (inquiry) เป็น

แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่จะนำพาพลเมืองของตนเองสู่การบรรลุเป้าหมายดังกล่าว (Abd-El-Khalick et al., 2004; Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010) ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยจึงทุ่มเทเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ (Anderson, 2002; Minner et al., 2010; Supasorn, 2011)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมาจากความคิดที่ว่า วิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการ ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างสิ้นเชิง (Ketsing and Roadrangka, 2011) นักเรียนจึงควรได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ “ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ” (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010) เช่นเดียวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Ketsing and Roadrangka, 2011) ความคิดนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้รวมสมัยที่ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้อย่างมีความหมาย ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และอภิปรายกับร่วมกับผู้อื่น ทั้งนี้เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสนใจใคร่รู้ (Bybee et al., 2006) โดยนักเรียนควรมีโอกาสได้ทบทวนความคิดของตนเองบนพื้นฐานของข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติ การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และการอภิปรายร่วมกับผู้อื่น ทั้งนี้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างหลากหลายและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Posner et al., 1982)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ไม่เพียงช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ผึกทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ บ่มเพาะจิตวิทยาศาสตร์ และสร้างเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ (Bybee et al., 2006) แต่ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Faikhamta, 2008) ทั้งหมดนี้มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถมีส่วนร่วม แสดงความคิดเห็น และตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นข้อถกเถียงทางสังคมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบรู้และเหมาะสม (Pongsophon, 2009) เนื่องจากลักษณะเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญของการเป็น “ผู้รู้วิทยาศาสตร์” (OECD, 2013) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้จึงกลายเป็นภาพแห่งความสำเร็จของการปฏิรูปการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบัน (Anderson, 2002)

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในทางปฏิบัติ (Dahsah and Faikhamta, 2008; Ladachart and Roadrangka 2008; Promprasit et al., 2008; Tipkaew and Pongsophon, 2012) ครูหลายคนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ (Musikul, 2007) ครูจำนวนหนึ่งสับสนระหว่าง “การสืบเสาะหาความรู้” และ “การค้นคว้าหาความรู้” (Bongkotphet and Roadrangka, 2010) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเข้าใจที่ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ (Liangkrilas and Yutakom, 2010) คือ

“(การที่ครู)ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล ... จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือ ข่าว เว็บไซต์ ... (แล้ว)เอามารวมกัน มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (หรือ)ให้ทำเป็นรายงานรูปเล่ม ... (จากนั้น) ครูจะสอนเพิ่มเติมจากที่(นักเรียน)ค้นหา”

ในขณะเดียวกัน ครูจำนวนหนึ่งเข้าใจเพียงว่า การสืบเสาะหาความรู้คือการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ถึงแม้ว่าครูเหล่านี้ใช้กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ แต่การปฏิบัตินั้นก็เพียงการปฏิบัติตามขั้นตอนตามที่มีการกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า โดยปราศจากความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัตินั้นอย่างแท้จริง (Ketsing and Roadrangka, 2010) ดังเช่นที่ Pongsophon (2009) ได้บันทึกการปฏิบัติการสอนของครูคนหนึ่งไว้ว่า

“บ่อยครั้ง นักเรียนทำการทดลองอย่างไม่มีเป้าหมาย ครูก็ไม่ได้ชี้แนะว่า (นักเรียน) ทำการทดลองไปเพื่ออะไร ไม่ได้มีการอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง นักเรียนไม่ได้ถูกกระตุ้นให้เกิดคำถาม (และ) ไม่ได้รับโอกาสให้ฝึกคิดวิธีแสวงหาคำตอบ ... (นักเรียน) ไม่ได้รับประสบการณ์เช่นเดียวกับ(ที่)นักวิทยาศาสตร์จริง ๆ ได้รับ นักเรียนได้ผล(การทดลองตามที่ปรากฏในหนังสือเรียนหรือตามที่ครูคาดหวังไว้) ครูพอใจ นักเรียนก็พอใจ แต่นักเรียนไม่รู้ว่าจะได้อะไร”

ด้วยเหตุนี้ นักเรียนส่วนใหญ่จึงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับที่ “ยังไม่น่าพอใจ” (NIETS, 2010) และขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Chaiyen et al., 2007; Nakthong et al., 2007) นอกจากนี้ นักเรียนจำนวนไม่น้อยขาดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Ladachart et al., 2013) ดังเช่นที่ Mahalee and Faikhamta (2010) พบว่าร้อยละ 71 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 110 คน ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ Chamrat et al. (2009) ก็พบเช่นกันว่า ประมาณร้อยละ 53 ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจคล้ายกันว่า การทดลองที่มีขั้นตอนแน่นอนตายตัวเป็นวิธีการเดียว (หรือวิธีการที่ดีที่สุด) ของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หลายฝ่ายจึงพยายามสร้างความชัดเจนและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ ตัวอย่างเช่น Ketsing and Roadrangka (2010) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ “ไม่ใช่เพียงการทำตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์” แต่ทั้งครูและนักเรียนต้อง “เข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังวิธีการหรือขั้นตอนเหล่านั้น” Supasorn (2011) เลือกใช้คำว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” แทนการใช้คำว่า “การสืบเสาะหาความรู้” ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการตีความที่คลาดเคลื่อนโดยครู พร้อมทั้งเสนอแนะด้วยว่า ครูควรมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสนใจ แทน “การทดลองแบบดั้งเดิม...ตามที่คู่มือบอก (ซึ่ง) มีความท้าทายทางสติปัญญาค่อนข้างน้อย” Pongsophon (2009) เลือกใช้ประโยคสั้น ๆ เพื่อเรียกร้องอย่างกระชับแต่ได้ใจความว่า ครูควรจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ “อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น” สารสำคัญของข้อเสนอแนะเหล่านี้ คือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรสอดคล้องกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

จากผลการวิจัยที่แสดงว่า แม้ประเทศไทยได้ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเวลานานนับทศวรรษ (Ketsing and Roadrangka, 2011) แต่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่สะท้อน

ภาพความเป็นจริงของกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการพัฒนาให้นักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ดี คำถามหนึ่งที่น่าสนใจแต่ยังไม่ได้รับการศึกษามากนักคือ “นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร” คำถามนี้มีคุณค่าในแง่ของการให้ข้อมูลที่จะชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอดีตที่ผ่านมา (ดังที่ปรากฏกับนักเรียน) และจะให้ข้อมูลที่จำเป็นในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในอนาคต ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามวิจัยดังกล่าว

ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ด้วยความตระหนักว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่สะท้อนกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง นักวิจัยจำนวนมากจึงพยายามหาแนวทางในการส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สะท้อนลักษณะสำคัญของการทำงานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ในการนี้ Hodson (1988) เล็งเห็นว่า สิ่งสำคัญที่ขาดหายไปจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป คือ ลักษณะทางปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นอกจากการเน้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไปยังไม่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่า นักวิทยาศาสตร์ทำงานและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กันอย่างไร อะไรทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ และอะไรคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ให้คุณค่าและยึดถือในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักวิจัยจึงเห็นควรให้

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ (รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์) เน้นลักษณะทางปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” (nature of science) โดย Lederman (1992) ได้นิยามคำนี้ว่าเป็น “ความเชื่อและค่านิยม” (beliefs and values) ที่แฝงอยู่ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะสำคัญของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ นักวิจัยจึงได้ร่วมกันกำหนดลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ประการ ทั้งนี้เพื่อให้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Abd-El-Khalick et al., 1998; Akerson et al., 2000; Akerson and Volrich, 2006; Schwartz and Lederman, 2002; Schwartz et al., 2004) โดย Ladachart et al. (2013) ได้สรุปไว้ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ แม้หลักฐานเชิงประจักษ์เพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องตีความและลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งจึงเป็นผลจากการลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์

3. นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ มุมมอง และประสบการณ์เดิมที่มีอิทธิพลต่อการตีความและการลงข้อสรุปของตนเอง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนอาจตีความและลงข้อสรุปหลักฐานเชิงประจักษ์ชิ้นเดียวกันได้แตกต่างกัน

4. นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์จึงมีได้หลากหลาย และอาจไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน

5. แม้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ชั่วคราวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อนักวิทยาศาสตร์มีหลักฐานเชิงประจักษ์ใหม่ที่ขัด-

แย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เดิม และ/หรือเมื่อนักวิทยาศาสตร์ตีความและลงข้อสรุปหลักฐานเชิงประจักษ์เดิมด้วยมุมมองหรือทฤษฎีใหม่

6. การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ภายใต้อิทธิพลของความคิด ความเชื่อ ค่านิยม และวัฒนธรรมของคนในสังคม และในทางกลับกัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถมีอิทธิพลต่อความคิด ความเชื่อ ค่านิยม และวัฒนธรรมของคนในสังคมได้เช่นกัน



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของการบรรยายลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ดี เนื่องจากลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ข้างต้นเป็นการบรรยายภาพรวมทั้งในแง่ของ “ธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ชั่วคราวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้) และในแง่ของ “ธรรมชาติของการสืบเสาะวิทยาศาสตร์” (เช่น นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องตีความและลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และนักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์) ดังในภาพที่ 1 Lederman et al. (2014) จึงได้สรุปลักษณะสำคัญของ “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. เนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยา-

ศาสตร์มีได้หลายประเภท เช่น การทดสอบทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การทดลองทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน

2. แม้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายประเภท แต่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์

3. กระบวนการของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งขึ้น ตัวอย่างเช่น คำถามบางข้ออาจนำไปสู่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นในบริบทจริงที่ปราศจากการจัดกระทำหรือควบคุมตัวแปรใด ๆ ในขณะที่คำถามบางข้ออาจนำไปสู่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขของการจัดกระทำและควบคุมตัว

แปรต่าง ๆ

4. แม้นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการเดียวกันในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อาจไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน และวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนใช้ในการจัดการกับข้อมูลแปลกปลอมที่เกิดขึ้น

5. กระบวนการของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การกำหนดตัวแปร การวัดค่าของตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายของข้อมูล สามารถมีอิทธิพลต่อผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่จะเกิดขึ้น

6. ไม่ว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นประเภทใดและมีกระบวนการอย่างไรก็ตาม ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้

7. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด ในขณะที่หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ลงข้อสรุปและตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

8. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่

เนื่องจากงานวิจัยหลายเรื่องก่อนหน้านี้ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ในภาพรวม (Chamrat et al., 2009; Kijkuakul et al., 2005; Ladachart and Sutakun, 2012; Mahalee and Faikhamta, 2010) การวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายอย่างเจาะจงเพื่อศึกษาความ

เข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ตามลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 8 ข้อข้างต้น

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบสอบถามที่ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด และนำคำตอบของนักเรียนมาตีความ วิเคราะห์ และจัดกลุ่มตามความหมายที่เหมือนหรือคล้ายกัน รายละเอียดของวิธีการวิจัยมีดังต่อไปนี้

นักเรียนผู้ให้ข้อมูล

นักเรียนผู้ให้ข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม. 1-3) จำนวน 74 คน จากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยทั้งของระดับเขตพื้นที่การศึกษา ระดับภาค และระดับประเทศ นักเรียนเหล่านี้ประกอบด้วยนักเรียนชั้น ม.1 จำนวน 27 คน (ชาย 15 คน และหญิง 12 คน) นักเรียนชั้น ม.2 จำนวน 26 คน (ชาย 15 คน และหญิง 11 คน) และนักเรียนชั้น ม.3 จำนวน 21 คน (ชาย 12 คน และหญิง 9 คน) ส่วนใหญ่มาจากครอบครัวที่มีฐานะปานกลางและอาศัยอยู่กับญาติผู้สูงอายุ ทั้งนี้เพราะพ่อและแม่ไปทำงานที่ต่างจังหวัด โรงเรียนแห่งนี้จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010) และใช้หนังสือ

เรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นหลัก นักเรียนในแต่ละชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 3 คาบต่อสัปดาห์ และเรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ 1 คาบต่อสัปดาห์ โดยมีผู้วิจัยคนที่ 2 เป็นผู้สอน รูปแบบของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปเป็นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบมีโครงสร้าง (structured inquiry) ร่วมกับการบรรยาย ซึ่งนักเรียนได้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามกิจกรรมที่ปรากฏในหนังสือเรียน และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเหตุผลของการปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านั้น ผู้สอนได้สอดแทรกการอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนทุกคนจึงเคยผ่านการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาบ้างแล้ว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยได้แปลแบบสอบถามของ Lederman et al. (2014) เป็นภาษาไทย แบบสอบถามประกอบด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 8 ข้อ ซึ่งมุ่งวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ดังในตาราง 2 เนื่องจากนักเรียนจำนวนหนึ่ง (โดยเฉพาะนักเรียนชั้น ม.1) อาจยังไม่คุ้นเคยกับคำว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” คำถามในแบบสอบถามนี้จึงใช้คำว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์” แทน โดยคำถามแต่ละข้อมีดังนี้

1. ชายคนหนึ่งมีความสนใจเรื่องนกมาก เขาเฝ้ามองนกหลายชนิด ซึ่งกินอาหารแตกต่างกันไป เขาสังเกตเห็นว่า นกที่กินอาหารคล้ายกันมักมีลักษณะของปากที่คล้ายกัน ตัวอย่างเช่น นกที่กินถั่วเปลือกแข็งมักมีปากสั้นและแข็ง ในขณะที่นกกินแมลงมักมีปากที่ยาวและเรียว เขา

จึงเกิดความสงสัยว่า ลักษณะของปากนกเกี่ยวข้องกับประเภทของอาหารที่นกกินหรือไม่ เขาจึงเริ่มต้นเก็บข้อมูลเพื่อตอบคำถามนี้ และในที่สุดเขาก็ได้ข้อสรุปว่า “ลักษณะของปากนกและอาหารที่นกกินมีความเกี่ยวข้องกัน”

1.1 การศึกษาของชายคนนี้เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด

1.2 การศึกษาของชายคนนี้เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด

2. นักเรียนคิดว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้มากกว่า 1 ประเภทหรือไม่ ถ้าใช่ โปรดระบุการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มาอย่างน้อย 2 ประเภท พร้อมทั้งระบุว่า แต่ละประเภทเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร แต่ถ้าไม่ใช่ โปรดอธิบายว่า เหตุใดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จึงได้เพียงประเภทเดียว

3. เมื่อเพื่อนของนักเรียน 2 คน ต้องตอบคำถามที่ว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์เสมอไปหรือไม่” เพื่อนคนหนึ่งตอบว่า “ใช่” ในขณะที่เพื่อนอีกคนหนึ่งตอบว่า “ไม่ใช่” นักเรียนเห็นด้วยกับเพื่อนคนใด และเพราะเหตุใด

4. ถ้านักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้จำเป็นต้องได้ข้อสรุปเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

5. นักเรียนคิดว่า “ข้อมูล” กับ “หลักฐาน” แตกต่างกันหรือไม่ โปรดอธิบายและยกตัวอย่างประกอบคำตอบ

6. นักวิทยาศาสตร์ 2 กลุ่ม กำลังเดินทางไปยังที่ทำงานของตนเอง ในระหว่างนั้น พวกเขาทั้งสองสังเกตเห็นว่า รถคันหนึ่งกำลังวิ่งไปบนถนนด้วยยางที่แบน พวกเขาทั้งหมดเกิดคำถามขึ้นมา

ว่า ยางแต่ละยี่ห้อสามารถทนต่อการวิ่งไปบนถนนได้เท่ากันหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองกับยาง 3 ยี่ห้อบนพื้นถนนแบบเดียวกัน ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ทำการทดลองกับยาง 1 ยี่ห้อบนพื้นถนน 3 ชนิด โปรตระกูลและให้เหตุผลว่า วิธีการของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มใด “ดีกว่า” กัน

7. ตารางข้อมูลข้างล่าง (ตาราง 1) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชใน 1 สัปดาห์ และจำนวนนาฬิกาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน

ตาราง 1 ข้อมูลประกอบคำถามข้อที่ 7 ในแบบ-สอบถาม

เวลาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน (นาฬิกา)	ความสูงของพืช (เซนติเมตร/ 1 สัปดาห์)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

7.1 จากข้อมูลในตาราง นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปใด

ก. พืชที่ได้รับแสงมากจะมีความสูงมาก และพืชที่ได้รับแสงน้อยจะมีความสูงน้อย

ข. การเจริญเติบโตของพืชไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ

7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้

7.3 ข้อมูลในตารางเป็นไปตามที่นักเรียนคาดหวังหรือไม่ เพราะเหตุใด

8. นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งชุดพบกระดูกของไดโนเสาร์จำนวนหนึ่ง พวกเขาพยายาม

ต่อกระดูกเหล่านี้ เพื่อดูว่า ไดโนเสาร์มีรูปร่างอย่างไร พวกเขาพบว่า กระดูกไดโนเสาร์เหล่านี้สามารถต่อกันได้ 2 แบบ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นการต่อกระดูกแบบที่ 1 มีกระดูกขาหน้าเล็กและมีกระดูกขาหลังใหญ่ ส่วนการต่อกระดูกแบบที่ 2 มีกระดูกขาหน้าใหญ่และมีกระดูกขาหลังเล็ก [คำถามข้อนี้มีการแสดงภาพการต่อกระดูกทั้ง 2 แบบ ให้นักเรียนพิจารณาด้วยตัวเอง โดยปราศจากข้อความที่บรรยายลักษณะของภาพ แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ของภาพ ผู้วิจัยจึงขอสงวนการแสดงภาพในรายงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งผู้อ่านสามารถสืบค้นได้จากเอกสารประกอบงานวิจัยของ Lederman et al. (2014)]

8.1 โปรตระกูลเหตุผลอย่างน้อย 2 ข้อ ที่อธิบายว่า เหตุใดนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จึงคิดว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 “ดีกว่า” การต่อกระดูกแบบที่ 2

8.2 อะไรเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ควรใช้ในการอธิบายว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 “ดีกว่า” การต่อกระดูกแบบที่ 2

8.3 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเรื่องใด ๆ ก็ตาม สิ่งใดที่นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ในการอธิบายข้อสรุปของตนเอง

ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามให้นักเรียนแต่ละคนทำในเดือนธันวาคมของภาคเรียนที่ 2 ในปีการศึกษา 2556 โดยนักเรียนส่วนใหญ่ใช้เวลาประมาณ 40 นาที ในการนี้ ผู้วิจัยขอให้นักเรียนเขียนชื่อตัวเองลงในแบบสอบถาม ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนครบทุกคน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยเน้นย้ำกับนักเรียนว่า คำตอบในแบบสอบถามจะไม่ส่งผลใด ๆ ต่อคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ โดยนักเรียนสามารถสอบถามผู้วิจัยได้ หากนักเรียน

ตาราง 2 ลักษณะของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่คำถามแต่ละข้อมุ่งวัด

ข้อคำถาม		ลักษณะของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
1	1.1 – 1.2	การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลาย และไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน
2		
3		การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์
4		กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เดียวกันอาจไม่ให้ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนกัน
5		ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์
6		กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้น
7	7.1 – 7.2	ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้
	7.3	
		กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีอิทธิพลต่อผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่จะเกิดขึ้น
8	8.1 – 8.3	นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่

ไม่เข้าใจคำถามแต่ละข้อ แต่ไม่มีนักเรียนคนใดสอบถามผู้วิจัยเกี่ยวกับคำถามในแบบสอบถาม ในรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงนักเรียนเจ้าของคำตอบแต่ละคนโดยใช้ตัวอักษร S แล้วตามด้วยหมายเลข 1–74 (เช่น S1–S74) ทั้งนี้เพื่อรักษาจริยธรรมในการวิจัย โดยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับนักเรียนในภายหลัง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มต้นจากการอ่านคำตอบของนักเรียนทีละคนในคำถามทีละข้อ เพื่อพิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจแต่ละลักษณะของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร จากนั้น ผู้วิจัยจึงจัดคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความหมายของแต่ละคำตอบ แม้ว่านักเรียนในแต่ละระดับมีประสบการณ์การเรียนรู้ในโรงเรียนไม่เท่ากัน แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่คล้ายกัน (การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

แบบมีโครงสร้างร่วมกับการบรรยาย) ผู้วิจัยจึงไม่มีเจตนาเปรียบเทียบความเข้าใจเกี่ยวกับ “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคละและวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียนทุกคนรวมกัน ในการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 (ซึ่งไม่รู้จักนักเรียนคนใดเลย) ให้หมายเลขกับนักเรียนแต่ละคน และจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนเหล่านั้น จากนั้นผู้วิจัยคนที่ 1 จึงส่งผลการจัดกลุ่มข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้วิจัยคนที่ 2 (ซึ่งไม่ทราบหมายเลขที่ผู้วิจัยคนที่ 1 กำหนดไว้) ตรวจสอบ การกำหนดหมายเลขในระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลนี้เป็นไปเพื่อลดอคติที่ผู้วิจัยอาจมีต่อนักเรียนแต่ละคน จากนั้นผู้วิจัยทั้ง 2 คน ตีความ อภิปราย และหาข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนอีกครั้งตามลำดับความสอดคล้องกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ Lederman et al. (2014) ได้บรรยายไว้ จากนั้นจึงคิดค่าร้อยละของคำตอบของนัก-

เรียนในแต่ละกลุ่มและนำเสนอเป็นผลการวิจัยในแต่ละลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

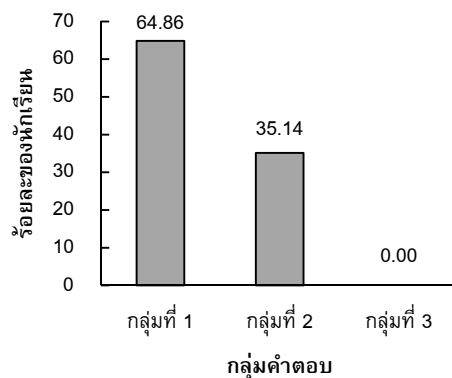
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนโดยการจัดกลุ่มตามความสอดคล้องกับแต่ละลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลาย และไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 2 ซึ่งถามนักเรียนว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์สามารถมีได้มากกว่า 1 ประเภทหรือไม่” พร้อมทั้งให้นักเรียนยกตัวอย่างการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ คำถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจที่ว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายประเภท และไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอนพบว่า นักเรียนทั้งหมดตอบตรงกันว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีได้มากกว่า 1 ประเภท แต่นักเรียนเหล่านี้มีความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันเล็กน้อย ดังในภาพที่ 2

นักเรียนประมาณร้อยละ 64.86 (กลุ่มที่ 1) ระบุว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีได้มากกว่า 1 ประเภท แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเภทได้ นักเรียนบางคนระบุเพียงว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลากหลาย (S12)” โดยปราศจากการระบุประเภทของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ในขณะที่นักเรียนบางคนอ้างถึง “การ



ภาพที่ 2 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 1

ทดลอง” ซึ่งเป็นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งร่วมกับวิธีการอื่น ๆ เช่น การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การคำนวณ การสร้างแบบจำลอง ซึ่งไม่ใช่ประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะวิธีการเหล่านี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (NRC, 1996) เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “มีมากกว่า 1 แบบ เช่น การทดลองและการสังเกต (ซึ่ง) มีความแตกต่างกัน เพราะการทดลองใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ส่วนการสังเกต...ไม่ใช้เครื่องมือ (S15)” และ “มีมากกว่า 1 ประเภท เช่น การเก็บข้อมูล การสังเกต การทดลอง การค้นคว้า (ซึ่ง) แตกต่างกันไป... (S60)” นักเรียนเหล่านี้จึงอาจยังไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่าง “ประเภทของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์” และ “วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล”

นักเรียนประมาณร้อยละ 35.14 (กลุ่มที่ 2) สามารถยกตัวอย่างการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเภท ซึ่งส่วนใหญ่คือการทดลองทางวิทยาศาสตร์และการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่า การสืบเสาะทางวิทยา-

ศาสตร์ทั้ง 2 ประเภทแตกต่างกันอย่างไร เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีหลายแบบ เช่น การสำรวจ ... การทดลอง (ซึ่ง)แตกต่างกัน เพราะแต่ละแบบมีการจดหรือสำรวจแตกต่างกัน (S42)” “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์มีมากกว่า 1 ประเภท เช่น การสำรวจ การทดลอง (S53)” และ “มีมากกว่า 1 ประเภท (เช่น) 1. การสำรวจ 2. การทดลอง แต่ละประเภทแตกต่างกัน คือ การสำรวจจะศึกษาโดยไม่ต้องทดลอง (S72)” ซึ่งคำตอบเหล่านี้ไม่ได้อธิบายว่า การทดลองทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องกำหนด จัดกระทำ และควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ในขณะที่การสำรวจทางวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาสิ่งต่าง ๆ ตามสภาพจริง นักเรียนเหล่านี้จึงอาจยังไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่าง “การสำรวจทางวิทยาศาสตร์” และ “การทดลองทางวิทยาศาสตร์”

ความสัมพันธ์ระหว่าง “การทดลองทางวิทยาศาสตร์” และ “การสำรวจทางวิทยาศาสตร์” ปรากฏชัดมากขึ้น ในระหว่างการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 1.2 ซึ่งถามนักเรียนว่า การศึกษาลักษณะของปากนกและอาหารที่นกกิน “เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่” โดยนักเรียนประมาณร้อยละ 41.89 ระบุว่า การศึกษานี้เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการศึกษานี้ “(มี)การสังเกตและจดบันทึก (S1)” “(มี)การสังเกตและ...รวบรวมข้อมูล (S66)” และ “(มี)การมองดูเกี่ยวกับปากนกและอาหาร (S65)” เป็นต้น ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 56.76 ตอบได้ว่า การศึกษานี้ไม่ใช่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่มีนักเรียนคนใดที่ให้เกิดผลโดยการกล่าวถึงการขาดหายของการจัดกระทำและควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ด้วย

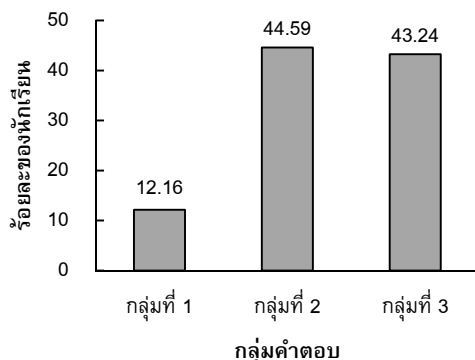
เหตุนี้ ไม่มีนักเรียนคนใดเลย (กลุ่มที่ 3) ที่สามารถทั้งยกตัวอย่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเภท และอธิบายความแตกต่างของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทได้อย่างชัดเจน

เนื่องจากนักเรียนทุกคนเข้าใจว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้มากกว่า 1 ประเภท นักเรียนทุกคนจึงตอบคำถามข้อที่ 1.1 ตรงกันว่า การศึกษาลักษณะของปากนกและอาหารที่นกกิน “เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์” โดยนักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 91.89 ให้เหตุผลโดยการระบุว่า การศึกษานี้มีการสังเกต เก็บและจดบันทึกข้อมูล และสรุปผลการศึกษา เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เพราะเรามีการสังเกต การรวบรวม(ข้อมูล) การวิเคราะห์(ข้อมูล) การสรุป (S56)” และ “เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เพราะมีการสังเกตและมีการเก็บข้อมูล (S73)” ในขณะที่นักเรียนส่วนน้อย (ร้อยละ 8.11) ไม่ได้อ้างถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลใด ๆ เนื่องจากไม่มีนักเรียนคนใดที่อ้างถึงการปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอนในการตอบคำถามข้อที่ 1.1 ดังนั้นการปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอนจึงไม่ใช่เกณฑ์ที่นักเรียนเหล่านี้ใช้ในการตัดสินใจว่า การศึกษาใด ๆ เป็นหรือไม่เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะใช้ “การเก็บรวบรวมข้อมูล” เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจว่า การศึกษาใดเป็นหรือไม่เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

2. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 3 ซึ่งถามนักเรียนเกี่ยวกับความจำเป็นของคำถามทางวิทยาศาสตร์ในฐานะจุด-

เริ่มต้นของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 2

นักเรียนประมาณร้อยละ 44.59 (กลุ่มที่ 2) เข้าใจว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการศึกษาทางวิทยาศาสตร์อาจเริ่มต้นจากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้สังเกตปรากฏการณ์บางอย่าง “โดยบังเอิญ” และนำผลการสังเกตนั้นไปพัฒนาเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “(การศึกษาทาง) วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องตั้งคำถาม ... เป็นการบังเอิญก็ได้ การที่นักวิทยาศาสตร์บังเอิญเห็นสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ได้ตั้งคำถาม (S1)” “ไม่จำเป็นเสมอไป(ที่การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์) เพราะ(นักวิทยาศาสตร์) ไม่จำเป็นจะต้องคำถาม (ซึ่ง)อาจจะบังเอิญก็ได้ การที่นักวิทยาศาสตร์บังเอิญค้นพบสิ่งต่าง ๆ (S8)” และ “ไม่ใช่ เพราะ(การศึกษาทางวิทยาศาสตร์) ไม่ได้เริ่มต้นจากคำถามทางวิทยาศาสตร์เสมอไป เช่น ความรู้บางอย่างก็ไม่ได้(มา)จากการสงสัย แต่มาจากความบังเอิญ (S59)” เป็นต้น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่นนี้อาจ

เกิดจากการที่นักเรียนมองการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วยมุมมองที่ง่ายและผิวเผินเกินไป จากผลการวิจัยในหัวข้อที่ผ่านมาเกี่ยวกับประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจำนวนหนึ่งเข้าใจว่า การสังเกตเป็นประเภทหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง ๆ ที่การสังเกตเป็นเพียงส่วนหนึ่งหรือวิธีการหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ สามารถเกิดได้โดยบังเอิญ นักเรียนหลายคนจึงเข้าใจไปว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยความบังเอิญโดยปราศจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้น่าจำเป็นต้องแยกแยะว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์พยายามตอบคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุปหรือความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการนี้ต้องอาศัยความตั้งใจ ซึ่งไม่อาจเกิดขึ้นได้เองโดยบังเอิญ ในขณะที่การสังเกตอาจเกิดขึ้นด้วยความตั้งใจหรือความบังเอิญก็ได้ ซึ่งจะนำไปสู่ความสงสัยและ/หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่ข้อสรุปหรือความรู้ที่เป็นผลจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดย Lederman et al. (2014) ได้ชี้แจงไว้ ดังนี้

“มันมีเหตุผลที่(เรา)จะคิดว่า การสังเกตจุดประกายให้เกิดความสนใจก่อนที่จะคำถามจะเกิดขึ้น ... อย่างไรก็ตาม มันสำคัญที่(เรา)จะต้องแยกแยะวิทยาศาสตร์ออกจากการเล่นและสังเกตสิ่งต่าง ๆ บนโลกใบนี้ ... การเล่นเกมเบสบอลไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ... ไม่มี(ใคร)ปฏิเสธความสำคัญของการสังเกต... แต่การสังเกตโดยปราศจาก...สิ่งที่ชี้นำการสังเกต...ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ... หากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะ “เริ่มต้น” เกิดขึ้นได้ มันต้องมีคำถาม ...”

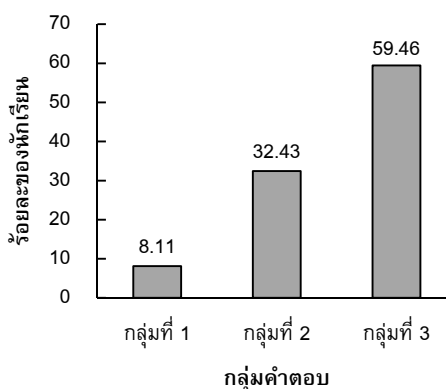
นักเรียนประมาณร้อยละ 43.24 (กลุ่มที่ 3) เข้าใจถูกต้องว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลว่า หากไม่มีคำถามทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ เพราะนักวิทยาศาสตร์จะไม่ว่าตนเองต้องตอบคำถามอะไร ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “เห็นด้วยกับคนที่ตอบว่า ใช่ เพราะการศึกษา(ทางวิทยาศาสตร์)ต้องเกิดจาก(ความ)อยากรู้อยากเห็น (ความ)อยากรู้ให้ชัดเจน เพราะการตั้งคำถามเป็นการตั้งปัญหาขึ้นมา ถ้าไม่มีคำถาม...(นักวิทยาศาสตร์)จะสามารถตอบ จะสามารถรู้ได้อย่างไร (S12)” “ใช่ เพราะการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเริ่มต้นจากคำถามก่อน เราจึงทำการทดลองหรือสังเกต การที่เราอยากจะทำอะไร เราต้องมีความสงสัยก่อน แล้วเราจึงจะสามารถค้นคว้าและสรุปได้ (S23)” และ “ใช่ เพราะถ้าคนเราเกิดความสงสัยในเรื่องใด (เรา)ก็จะหาคำตอบในเรื่องนั้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้า(เรา)สงสัยว่า น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ (เรา)ก็ทดลองปลูกพืช 2 ต้น ต้นหนึ่งรดน้ำ อีกต้นหนึ่งไม่รดน้ำ และสังเกตผลที่เกิดขึ้น (S53)” คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจว่า คำถามทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนส่วนน้อย (กลุ่มที่ 1) ประมาณร้อยละ 12.16 ไม่ตอบหรือให้คำตอบที่คลุมเครือ เช่น “ไม่ได้ เพราะไม่เห็นด้วยกับเพื่อนคนใด (S13)” “ใช่ เพราะคำถามเริ่มต้นจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ (S28)”

3. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นัก-

วิทยาศาสตร์ตั้งขึ้น

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 6 ซึ่งให้นักเรียนเปรียบเทียบการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ 2 กลุ่มว่า การทดลองแบบใดสามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ยางแต่ละยี่ห้อสามารถทนต่อการวิ่งไปบนถนนได้เท่ากันหรือไม่” ได้ดีกว่ากัน โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองกับยาง 3 ยี่ห้อบนพื้นถนนแบบเดียวกัน ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ทำการทดลองกับยาง 1 ยี่ห้อบนพื้นถนน 3 ชนิด คำถามข้อนี้ต้องการวัดความเข้าใจของนักเรียนว่า การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้น ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 3

นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 59.46 (กลุ่มที่ 3) ตอบได้ว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ดีกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 โดยนักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลอย่างชัดเจนว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ในขณะที่การทดลองของนักวิทยาศาสตร์

ศาสตร์กลุ่มที่ 2 ไม่สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 เพราะได้รู้ถึงการทดลองของยาง 3 ยี่ห้อว่า ยี่ห้อไหนดีกว่ากัน (S10)” “กลุ่มที่ 1 เพราะอยากรู้ยางรถยนต์ ไม่ได้อยากรู้ความทนของพื้นถนน เพราะฉะนั้นกลุ่มที่ 1 ดีกว่า (S57)” และ “นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 เพราะเป็นการทดสอบยางแต่ละยี่ห้อ ไม่ได้ทดสอบพื้นถนน (S72)” คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า การออกแบบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จำเป็นต้องตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการออกแบบและกระบวนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จึงต้องเป็นไปตามลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์ และมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น

ในขณะเดียวกัน นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 32.43 (กลุ่มที่ 2) ตอบได้ว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ดีกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า เหตุใดการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 จึงดีกว่า ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “กลุ่มที่ 1 (ดีกว่า) เพราะทำได้ถูกวิธี (S9)” “กลุ่มที่ 1 เพราะยางแต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่น...ไม่เหมือนกัน และลายยางรถยนต์ไม่เหมือนกัน (S18)” และ “(กลุ่มที่ 1 ดีกว่า) เพราะนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 สามารถทดลองครั้งเดียวพร้อมกัน 3 ยี่ห้อ จึงเป็นวิธีที่ดีกว่า (S61)” นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้ตอบอย่างชัดเจนว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงประเด็นกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2

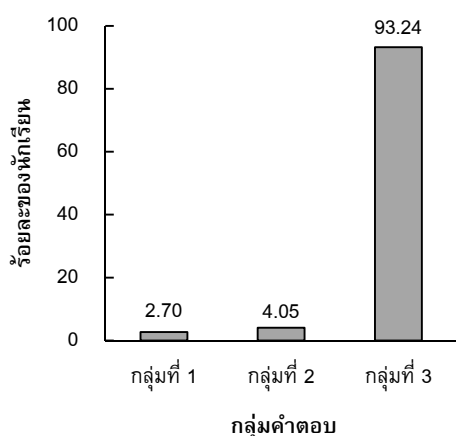
นักเรียนส่วนน้อยอีกประมาณร้อยละ 8.11 (กลุ่มที่ 1) กลับตอบว่า การทดลองของนัก-

วิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ดีกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 โดยนักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ช่วยในการทดสอบพื้นถนน ทั้ง ๆ ที่คำถามทางวิทยาศาสตร์กำหนดไว้อย่างชัดเจนว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องการทดสอบความทนของยาง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “กลุ่มที่ 2 เพราะจะได้ทดลองถนนว่า มันเกี่ยวข้อหรือไม่ (S5)” “กลุ่มที่ 2 เพราะถนนบางที่ทำไมไม่เหมือนกัน บางถนนใช้วัสดุไม่เหมือนกัน และมีหลุม (S11)” และ “วิธีการของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 เพราะพื้นผิวของถนนจะมีแรงเสียดทานต่อยางรถ ... ถ้ามีแรงเสียดทาน ก็อาจทำให้ยางรถแบนขึ้นมาได้ (S12)” คำตอบเหล่านี้แสดงว่า นักเรียนอาจยังไม่เข้าใจว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องตอบคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้น

4. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เดียวกันอาจไม่ให้ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนกัน

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 4 ซึ่งถามนักเรียนว่า “ถ้านักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกัน และเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้จำเป็นต้องได้ข้อสรุปเหมือนกันหรือไม่” คำถามข้อนี้มุ่งวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความเป็นอัตวิสัยที่แฝงอยู่ในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความแตกต่างกันในแง่ของภูมิหลัง ความรู้ ประสบการณ์ แนวคิดทางทฤษฎี การตีความข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 5

นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 93 (กลุ่มที่ 3) เข้าใจดีว่า แม้นักวิทยาศาสตร์หลายคน



ภาพที่ 5 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 4

มีคำถามเดียวกัน และเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน แต่นักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นไม่จำเป็น ต้องได้ข้อสรุปที่เหมือนกันเสมอไป นักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลโดยการอ้างถึงการที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความรู้ ความคิด และประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่ เพราะนักวิทยาศาสตร์(แต่ละ)คนมีความคิดไม่เหมือนกัน นักวิทยาศาสตร์บางคนมีความรู้ต่ำกว่านักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ (S26)” “ไม่ เพราะ (นักวิทยาศาสตร์แต่ละคน)คงมีความรู้(และ)ประสบการณ์มากน้อยและแตกต่างกัน ทุกคนมีความรู้(และ)ความคิดเห็นแตกต่างกัน (S40)” และ “ไม่ เพราะต่างคนต่างมองเห็นไม่เหมือนกัน คนหนึ่งอาจจะสรุปได้อีกแบบหนึ่ง แต่อีกคนหนึ่งอาจจะสรุปต่าง ... คนเราสรุปแตกต่างกันได้ (S65)” คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ มักก็มีความเป็นอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์แฝงอยู่เสมอ

นักเรียนส่วนน้อยประมาณร้อยละ

4.05 (กลุ่มที่ 2) ไม่เข้าใจความเป็นอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้คิดว่า หากนักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกันและเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกันแล้ว นักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นต้องได้ข้อสรุปเดียวกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ได้ เพราะคำถามเหมือนกัน และวิธีเดียวกัน โอกาส(ที่)ข้อสรุปจะเหมือนกันเป็นไปได้อย่างมาก (S21)” “สรุปเหมือนกัน (นักวิทยาศาสตร์)จะได้ข้อมูลแบบเดียวกัน (S62)” “เหมือนกัน เพราะ(นักวิทยาศาสตร์)จำเป็นต้องสรุปเหมือนกัน และ...คิดได้อย่างเหมือนกันและสรุปเหมือนกัน (S70)”

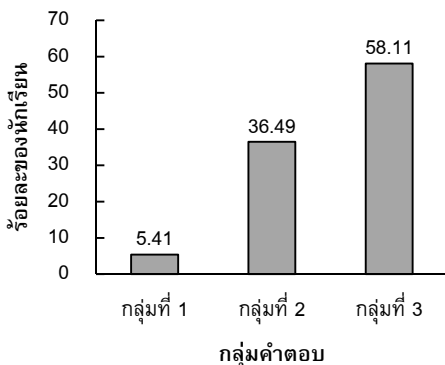
ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณร้อยละ

2.70 (กลุ่มที่ 1) ตอบคำถามข้อนี้ไม่ชัดเจน

5. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีอิทธิพลต่อผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่จะเกิดขึ้น

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 7.3 ซึ่งถามนักเรียนว่า ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่พืชได้รับแสงและความสูงของพืช (ตาราง 1) เป็นไปตามความคาดหวังของนักเรียนหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่ขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า แสงเป็นปัจจัยที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช แต่ข้อมูลนี้กลับไม่ได้แสดงว่า เมื่อพืชได้รับแสงมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ดี ด้วยความขัดแย้งระหว่างข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำถามข้อนี้จึงมุ่งวัดว่า หากนักเรียนประสบกับข้อมูลแปลกปลอมที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะตั้งข้อสงสัยได้หรือไม่ว่า ข้อมูลนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ผิดพลาด ผลการวิจัย

แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 5

นักเรียนประมาณร้อยละ 58.11 (กลุ่มที่ 3) ระบุว่า ข้อมูลในตาราง 1 ไม่เป็นไปตามที่ตนเองคาดหวังไว้ ทั้งนี้เพราะข้อมูลนั้นไม่สอดคล้องกับความเข้าใจของตนเองที่ว่า หากพืชได้รับแสงมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ดี โดยนักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อธิบายสาเหตุของความไม่สอดคล้องนั้น ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่ เพราะพืชต้องการแสงเพื่อจะเกิดการเจริญของพืช เพื่อที่พืชจะได้เจริญเติบโตเต็มที่ เมื่อพืชไม่ได้รับแสง (พืช) จะไม่สามารถเติบโตขึ้นได้ เพราะพืชต้องใช้แสงในการผลิตอาหาร... (S15)” “ไม่ เพราะพืชต้องการแสงเพื่อการสังเคราะห์แสงในการเจริญเติบโต แต่ถ้า(พืช)ไม่ได้รับแสง พืชก็จะตาย (S20)” และ “ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง เพราะผมคิดว่า พืชที่ได้รับแสงมากจะมีการเจริญเติบโตมาก แต่(พืช)กลับไม่เจริญเติบโต (S71)” กล่าวคือ ไม่มีนักเรียนคนใดที่ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะมีความผิดพลาดในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทั้งหมดมีแนวโน้มที่จะมองว่า ข้อมูลในตาราง 1 มีความถูกต้องสมบูรณ์ ดังนั้นนักเรียนเหล่านี้จึงไม่ได้มอง

ย้อนกลับไปในแง่ที่ว่า ข้อมูลเป็นผลที่เกิดจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และได้รับอิทธิพลมาจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

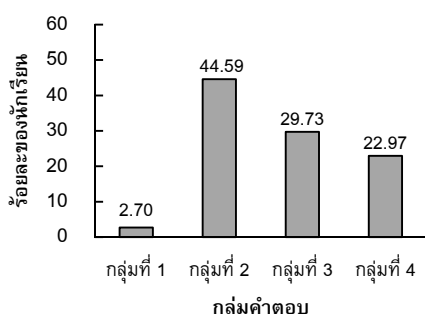
นักเรียนประมาณร้อยละ 36.49 (กลุ่มที่ 2) ระบุว่า ข้อมูลในตาราง 1 เป็นไปตามที่ตนเองคาดหวังไว้ นักเรียนกลุ่มนี้มักลงข้อสรุปไปตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า ความสูงของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่พืชได้รับ ทั้ง ๆ ที่ข้อมูลในตาราง 1 ไม่ได้สนับสนุนข้อสรุปนี้เลย ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “เป็น(ไปตามความคาดหวัง) เพราะพืชต้องการรับแสงแดด (พืช)จึงจะมีการเจริญเติบโต (S10)” “เป็นไปตามความคาดหวัง เพราะแสงแดดมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (S31)” และ “(เป็นไปตามที่)คาดหวัง เพราะพืชบางชนิดไม่ได้รับแสงก็เจริญเติบโตได้ (S74)” นักเรียนเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะมองว่า ข้อมูลในตาราง 1 มีความถูกต้องสมบูรณ์ แต่ลงข้อสรุปที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูล (รายละเอียดเกี่ยวกับการลงข้อสรุปที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอยู่ในหัวข้อถัดไป)

ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 5.41 ให้คำตอบที่ขัดแย้งในตัวเอง ตัวอย่างเช่น นักเรียนคนหนึ่งระบุว่า “ไม่(เป็นไปตามความคาดหวัง) เพราะ(ข้อมูล)ได้อยู่แล้ว (S5)” ส่วนนักเรียนอีกส่วนหนึ่งไม่ตอบหรือให้คำตอบที่ไม่ชัดเจน เช่น “เพราะอาจทำให้พืชได้รับแสงในแต่ละวัน เราต้องไปดูว่าของพืชและแสง เพราะว่า 5 นาทีมันเป็นของพืชและแสง (S50)”

6. ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 7.1 และ 7.2 ซึ่งให้นักเรียนลงข้อ-

สรุปจากข้อมูลในตาราง 1 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่พืชได้รับแสงและความสูงของพืช ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่ว่า ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ต้องสอดคล้องและตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 6

เมื่อนักเรียนประสบกับข้อมูลแปลกปลอมที่ไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนประมาณร้อยละ 44.59 (กลุ่มที่ 2) เลือกที่จะลงข้อสรุปตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ ก) แทนที่จะลงข้อสรุปไปตามข้อมูลในตาราง 1 (ข้อ ข) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ข้อสรุป ก. เพราะเมื่อพืชได้รับแสงมาก ...พืชจะเจริญเติบโตได้ดี (และ) เพราะพืชต้องการแสงในการผลิตอาหารและการเจริญเติบโต (S15)” “ข้อสรุป ก. เพราะถ้าสมมติว่า การเจริญเติบโตของพืชไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ พืชก็จะไม่โต (พืช) ไม่เจริญเติบโต (S39)” และ “ข้อสรุป ก. เพราะแสงทำให้พืชเจริญเติบโต ถ้าพืชไม่ได้รับแสง พืชก็อาจเจริญเติบโตช้า (S73)” ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ladachart et al. (2015) ที่ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยม-

ศึกษาปีที่ 3 ประมาณร้อยละ 52 มักลงข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนหรือเกินไปจากข้อมูลหรือหลักฐาน นักเรียนเหล่านี้นี้ยังไม่เข้าใจว่า การลงข้อสรุปเพื่อให้ได้ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จำเป็นต้องสอดคล้องและตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้น

ในขณะที่นักเรียนประมาณร้อยละ 29.73 (กลุ่มที่ 3) เลือกที่จะลงข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูลในตาราง 1 แทนที่จะลงข้อสรุปตามความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างถึงข้อมูลในตาราง 1 ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ข้อสรุป ข. เพราะการเจริญเติบโตของพืชมีหลายปัจจัย (S5)” “ข้อสรุป ข. ถ้าพืชได้รับแสงมากเกินไป (พืช) อาจเกิดการเหี่ยวและตายลงได้ (พืช) ควรได้รับแสงพอสมควรที่พืชต้องการ (S30)” และ “ข้อสรุป ข. เพราะพืชจะโตเร็วเพื่อหาแสงแดด และพืชที่อยู่กลางแดดจะไม่ค่อยสูง เพราะ (ปริมาณแสง) ไม่ค่อยเกี่ยวกับความสูง (S56)” คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเหล่านี้ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของความคิดหรือเหตุผลอื่น โดยปราศจากการพิจารณาข้อมูลในตาราง 1 ดังนั้นแม้ข้อสรุปของนักเรียนเหล่านี้สอดคล้องกับข้อมูลในตาราง 1 แต่ไม่ได้หมายความว่า นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า การลงข้อสรุปจำเป็นต้องสอดคล้องและตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนประมาณร้อยละ 22.97 (กลุ่มที่ 4) เลือกที่จะลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลในตาราง 1 ทั้ง ๆ ที่ข้อมูลนั้นไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนเหล่านี้มีการอ้างถึงข้อมูลในตาราง 1 เพื่อสนับสนุนการลงข้อสรุปของตนเอง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ข้อสรุป ข. เพราะว่า ข้อสรุป ก. (ที่กล่าวไว้ว่า) พืช

ได้รับแสงมากจะมีความสูงมาก แต่จากตารางแล้ว แสงมากยิ่งทำให้พืชไม่สูงเลย (S14)” “ข้อสรุป ข. เพราะจากการสังเกต(ข้อมูลในตาราง 1) พืชที่ได้รับแสงมาก แต่ความสูงของพืชกลับน้อย แต่พืชที่ไม่ได้รับแสงเลย กลับมีความสูงมากขึ้น (S37)” และ “ข้อสรุป ข. การเจริญเติบโตของพืชไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ เพราะถ้าพืชได้รับแสงมากจะสูงมาก แต่ในตาราง ถ้า(พืช)ได้รับแสงมาก ความสูง...จะไม่เพิ่มขึ้นเสมอไป และจะไม่สูงขึ้นเสมอไป ดังนั้น (ความสูงของพืช)จึงไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณแสง (S65)” นักเรียนกลุ่มนี้จึงมีแนวโน้มที่จะเข้าใจว่า การลงข้อสรุปเพื่อให้ได้ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ จำเป็นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้น

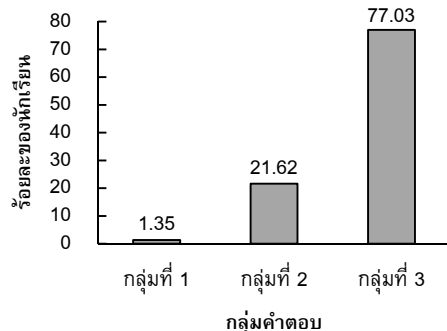
นักเรียนที่เหลือ (ร้อยละ 2.70) ไม่ตอบหรือให้คำตอบที่ไม่ชัดเจน

7. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 5 ซึ่งถามนักเรียนเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่าง “ข้อมูล” กับ “หลักฐาน” โดยข้อมูลคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ส่วนหลักฐานคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำไปใช้เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่นที่ Lederman et al. (2014) ได้อธิบายไว้ว่า

“ข้อมูลคือผลจากการสังเกตที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้ในระหว่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ (เช่น ตัวเลข คำบรรยาย ภาพถ่าย เสียง ตัวอย่างทางกายภาพ) ในทางตรงกันข้าม หลักฐานคือผลจากการบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ... ซึ่งผูกโยงกับ(หรือตอบ)คำถามทางวิทยาศาสตร์”

ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 7

นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 77.03 (กลุ่มที่ 3) เข้าใจว่า ข้อมูลและหลักฐานไม่ใช่สิ่งเดียวกัน แต่ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่สามารถบอกความแตกต่างและระบุความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและหลักฐานได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนคนหนึ่งบอกว่า “ข้อมูล(เป็นสิ่งที่เรา)สามารถสอบถามได้กับผู้อื่น แต่หลักฐานเป็นสิ่งที่(เรา)สามารถมองเห็นได้ชัดเจนหรือ(เป็น)วัตถุในเหตุการณ์ต่าง ๆ (S25)” นักเรียนอีกคนหนึ่งตอบว่า “ข้อมูลบางครั้งอาจไม่จริงหรือจริงก็ได้ แต่หลักฐานต้องเป็นจริงเท่านั้น (S45)” ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่งระบุว่า “ข้อมูล...จะมีมาก หลักฐานจะมีน้อย (S58)” ส่วนนักเรียนอีกคนหนึ่งมองว่า “ข้อมูลน่าจะเป็นตัวอักษรหรือตัวหนังสือที่เป็นสัญลักษณ์ แต่หลักฐานควรเป็นชิ้นหรือวัตถุอะไรบางอย่าง (S74)” ดังนั้นนักเรียนกลุ่มนี้มองความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐานในแง่ของแหล่งที่มา ระดับความน่าเชื่อถือ ปริมาณ หรือลักษณะทางกายภาพ เป็นต้น

นักเรียนประมาณร้อยละ 21.62 (กลุ่มที่ 2) เข้าใจว่า ข้อมูลและหลักฐานคือสิ่งเดียวกัน

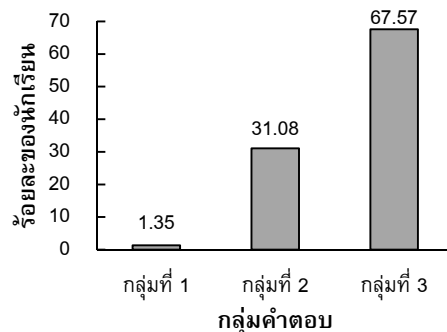
ดังนั้นนักเรียนเหล่านี้จึงไม่ได้อธิบายความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐาน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่ต่างกัน เพราะข้อมูลและหลักฐานไม่มีข้อแตกต่างกันเลย (S16)” “ไม่แตกต่างกัน เพราะข้อมูลและหลักฐานล้วนเป็นคำอธิบายเหมือนกันและมีความหมายเหมือนกัน (S43)” และ “เหมือนกัน เพราะถ้าไม่มีข้อมูล ก็ไม่มีหลักฐาน (S61)” นักเรียนเหล่านี้จึงยังไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐาน

นักเรียนที่เหลือประมาณร้อยละ 1.35 ให้คำตอบที่ไม่ชัดเจน

8. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในคำถามข้อที่ 8 ซึ่งให้นักเรียนเปรียบเทียบและอธิบายการต่อกระดูกของไดโนเสาร์ว่า ระหว่างการต่อกระดูกแบบที่ 1 (ซึ่งกระดูกขาหลังใหญ่กว่ากระดูกขาหน้า) กับการต่อกระดูกแบบที่ 2 (ซึ่งกระดูกขาหน้าใหญ่กว่ากระดูกขาหลัง) การต่อกระดูกแบบใด “ดีกว่า” กันและเพราะเหตุใด คำถามข้อนี้มุ่งวัดความเข้าใจของนักเรียนว่า การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไดโนเสาร์จำเป็นต้องอาศัยทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยแสดงในภาพที่ 9

นักเรียนประมาณร้อยละ 67.57 (กลุ่มที่ 3) ระบุว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 โดยนักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “แบบที่ 1 เพราะขา...จะต้องใหญ่...และมีกล้ามเนื้อที่แข็งแรง (ไดโนเสาร์) จึงมีแรงสำคัญ ขาต้องใหญ่กว่าแขน ถ้าขาเล็ก (มัน) จะยากต่อการทรงตัว (S7)”



ภาพที่ 9 ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ลักษณะที่ 8

“แบบที่ 1 เพราะน้ำหนักจะต้องลงไปที่ขาหลัง ... ขาหลังจึงต้องใหญ่กว่าขาหน้า (S35)” และ “แบบที่ 1 เพราะ(ไดโนเสาร์)จะสะดวกในการเคลื่อนที่กว่า ถ้าขาหลังเล็กกว่า (ไดโนเสาร์) จะเคลื่อนที่ยากกว่า (S53)” คำตอบของนักเรียนเหล่านี้แสดงถึงความเข้าใจที่ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในที่นี้หลักฐานก็คือลักษณะของกระดูก ส่วนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรง น้ำหนัก และสมดุลของแรง

นักเรียนประมาณร้อยละ 31.08 (กลุ่มที่ 2) แม้ระบุได้ว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้ให้เหตุผลโดยการอ้างถึงหลักฐานหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำตอบส่วนใหญ่ คือ การต่อกระดูกแบบที่ 1 ถูกต้องหรือสอดคล้องกับภาพโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่นักเรียนเหล่านี้เคยเห็นมา ในขณะที่การต่อกระดูกแบบที่ 2 เป็นภาพที่นักเรียนเหล่านี้ไม่เคยเห็น ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “แบบที่ 1 เพราะกระดูกไดโนเสาร์ส่วนใหญ่ขาหน้าจะเล็กกว่าขาหลัง (S16)” “แบบที่ 1 เพราะเคยเห็นในหนังสือ (S49)” และ “แบบที่ 1 เพราะ...เป็นการต่อที่ถูกต้องมากที่สุด (S60)” ในขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่ง

ไม่ได้เหตุผลใด ๆ แต่บอกว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 เท่านั้น ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “แบบที่ 1 โครงสร้างของกระดูก(ได้)มาตรฐานกว่าโครงสร้างแบบที่ 2 (S4)” ดังนั้นนักเรียนกลุ่มนี้จึงอาจยังไม่เข้าใจว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ส่วนนักเรียนที่เหลืออีกส่วนน้อยประมาณร้อยละ 1.35 ให้คำตอบที่ไม่ชัดเจน

สรุป อภิปรายผล และการนำไปใช้

ผลการวิจัยโดยสรุปมีดังต่อไปนี้

1. แม้นักเรียนทุกคนเข้าใจว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายประเภท แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถยกตัวอย่างประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนประมาณร้อยละ 35.14 ระบุถึงการสำรวจทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนเหล่านี้ก็ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ประเภทแตกต่างกันอย่างไร

2. นักเรียนประมาณเกือบครึ่ง (ร้อยละ 44.59) เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้ให้เหตุผลว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้โดยบังเอิญ ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 43.24) เข้าใจถูกต้องว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์

3. นักเรียนประมาณร้อยละ 59 มีแนวโน้มที่จะเข้าใจว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้สามารถเลือกการทดลอง

ที่สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ และยังอธิบายเหตุผลของการเลือกนั้นได้อย่างถูกต้องด้วย อย่างไรก็ตาม นักเรียนประมาณร้อยละ 32.43 แม้เลือกการทดลองที่สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลของการเลือกนั้นได้อย่างชัดเจน

4. นักเรียนเกือบทุกคน (ประมาณร้อยละ 93.24) เข้าใจดีว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์ปะปนอยู่ ในขณะที่นักเรียนเพียงส่วนน้อย (ประมาณร้อยละ 4.05) ไม่เข้าใจลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นี้

5. ในการประสมกับข้อมูลแปลกปลอมที่แตกต่างกันไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แม้นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 58.11 ตระหนักถึงความแปลกปลอมนั้น แต่กลับไม่ได้ตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับกระบวนการได้มาซึ่งข้อมูลนั้น ซึ่งแสดงว่า นักเรียนเหล่านี้ก็ยังไม่เข้าใจว่า กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีอิทธิพลต่อผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 36.49 ไม่ตระหนักถึงความแปลกปลอมนั้น

6. นักเรียนประมาณร้อยละ 74.32 (44.59 + 29.73) ไม่ได้ลงข้อสรุปตามข้อมูล หากแต่ลงข้อสรุปตามความรู้เดิมของตนเองเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนว่า นักเรียนเหล่านี้ยังไม่เข้าใจว่า ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล ในขณะที่นักเรียนประมาณร้อยละ 22.97 ลงข้อสรุปตามข้อมูล แม้ข้อมูลนั้นอาจไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้เดิมของตนเอง ซึ่งสะท้อนว่า นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล

7. นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 77.03 เข้าใจว่า ข้อมูลและหลักฐานแตกต่างกัน แต่นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐานได้ นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 21.62 ไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐาน

8. นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 67.57 เข้าใจว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนอีกประมาณร้อยละ 31.08 มีแนวโน้มที่จะละเลยหลักฐานและ/หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยเหล่านี้สะท้อนว่า แม้นักเรียนเหล่านี้เคยผ่านประสบการณ์การเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาบ้าง แต่ประสบการณ์การเรียนรู้นี้อาจยังไม่ได้เน้นลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ อย่างเด่นชัด นักเรียนจำนวนหนึ่งจึงยังไม่เข้าใจบางลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น แม้นักเรียนอาจเคยทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หลายประเภท โดยเฉพาะการสำรวจทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แต่หากนักเรียนไม่ได้สะท้อนความคิดว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทแตกต่างกันอย่างไร นักเรียนก็อาจไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท ในทำนองเดียวกัน หากนักเรียนไม่ได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนก็อาจสับสนว่า การสังเกตคือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนบางครั้งอาจส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของการ

สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน “โดยไม่ตั้งใจ” ได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น หากครูให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ในหนังสือเรียน โดยปราศจากการกล่าวถึงหรือเน้นย้ำคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่เบื้องหลังของขั้นตอนเหล่านั้น นักเรียนก็อาจเข้าใจไปว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมีคำถามทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การนำเสนอประวัติการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผิวเผินเกินไป (เช่น การนำเสนอว่า เซอร์ ไอแซก นิวตัน ค้นพบแรงโน้มถ่วงของโลกจากการสังเกตการตกของลูกแอปเปิลเพียงเท่านั้น) ก็อาจก่อให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้โดยบังเอิญ

ความสัมพันธ์ระหว่าง (1) คำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่ครูต้องให้ความสำคัญในการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนจำนวนไม่น้อยยังคงเลือกการทดลองที่ตอบไม่ตรงคำถามทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างคำถามทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำนวนมากเลือกที่จะลงข้อสรุปที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูล และไม่มีการตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การให้นักเรียนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนต่าง ๆ อาจไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์

ระหว่าง (1) คำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะนักเรียนอาจจดจ่ออยู่กับการปฏิบัติให้ตรงตามขั้นตอนและให้ได้ผลตามที่ปรากฏในหนังสือเรียนมากเกินไป ซึ่งทำให้นักเรียนละเลยเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่าง (1) คำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนเดียวกันอาจมีข้อดีในแง่ของการช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่า แม้นักเรียนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการเดียวกัน แต่ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน

ด้วยเหตุนี้ นอกจากการจัดการเรียนการสอนโดยการให้นักเรียนได้ทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนควรได้รับประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่ง Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ได้เสนอไว้ว่า แนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็คือการเน้นให้นักเรียนได้สะท้อนคิดและอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนกำลังทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น ในระหว่างที่นักเรียนกำลังออกแบบและสืบเสาะเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ครูควรอภิปรายกับนักเรียนด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะช่วยในการตอบคำถามนั้นได้หรือไม่และอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่า กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในทำนองเดียวกัน เมื่อนักเรียนได้เก็บ

รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุปแล้ว (ซึ่งนักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มอาจได้ไม่เหมือนกัน) ครูควรอภิปรายกับนักเรียนด้วยว่า ข้อสรุปเหล่านั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลหรือไม่ อย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่า ข้อสรุปหรือผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล ในขณะเดียวกัน หลังจากนี้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและได้หลักฐานที่ช่วยในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์แล้ว ครูสามารถอภิปรายเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐานได้เช่นกัน การอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะต่าง ๆ เกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น และจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงมากขึ้น

สิ่งสำคัญที่ต้องได้รับการเน้นย้ำไว้ในที่นี้ คือ ความเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ผลพลอยได้ที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้เองจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แม้นักเรียนได้ทำทั้งการสำรวจทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ได้หมายความว่า นักเรียนจะเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการสำรวจทางวิทยาศาสตร์และการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในทำนองเดียวกัน แม้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวเลข เช่น ข้อมูลระดับน้ำทะเลในแต่ละวัน จนกระทั่งนักเรียนได้กราฟที่เป็นหลักฐานสำคัญที่บ่งบอกว่า น้ำทะเลจะขึ้นและลงอย่างละ 2 ครั้งในรอบ 1 วัน แต่ก็ไม่ใช่สิ่งที่จะรับประกันได้ว่า นักเรียนจะเข้าใจความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐาน ความเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้น

ได้ ก็ต่อเมื่อครูหยิบยกลักษณะสำคัญเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาอภิปรายร่วมกับนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้คิดทบทวนเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งมากขึ้น การให้นักเรียนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นลักษณะประการสำคัญสำหรับการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. **International Journal of Science Education** 22(7): 665–701.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., and Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. **Science Education** 82(4): 417–436.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, P., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., and Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. **Science Education** 88(3): 397–419.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 37(4): 295–317.
- Akerson, V. L., and Volrich, M. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. **Journal of Research in Science Teaching** 43(4): 377–394.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. **Journal of Science Teacher Education** 13(1): 1–12.
- Bingle, W. H., and Gaskell, P. L. (1994). Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. **Science Education** 78(2): 185–201.
- Bongkotphet, T., and Roadrangka, V. (2010). Sixth grade science teachers' knowledge/belief of inquiry-based astronomy teaching. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University** 29(3): 85–97. (in Thai)
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2010). **Indicators and Core Learning Content in Science According to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551**. Bangkok: Agricultural Co-operative Federation of Thailand. (in Thai)
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications**. Retrieved from <http://>

- bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSC
S_5E_Instructional_Model-Executive_
Summary_0.pdf, April 4, 2014.
- Chaiyen, Y., Bunsawansong, P., and Yutakom, N. (2007). Integrated science process skills on chemical equilibrium of high school students from schools in Chanthaburi province. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 28(1): 11–22. (in Thai)
- Chamrat, S., Yutakom, N., and Chaiso, P. (2009). Grade 10 science students' understanding of the nature of science. **KKU Research Journal** 14(4): 360–374. (in Thai)
- Dahsah, C., and Faikhamta, C. (2008). Science education in Thailand: Science curriculum reform in transition. In Coll, R. K., and Taylor, N. (Eds). **Science Education in Context: An International Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation**. (pp. 291–300). Rotterdam: Sense.
- Faikhamta, C. (2008). Inquiry-based teaching and learning. **Journal of Education Naresuan University** 11(1): 31–45. (in Thai)
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., and Nicolich, M. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. **Science Education** 98(4): 549–580.
- Hodson, D. (1998). Toward a philosophically more valid science curriculum. **Science Education** 72(1): 19–40.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education** 82(3): 407–416.
- Ketsing, J., and Roadrangka, V. (2010). A case study of science teachers' understanding and practice of inquiry-based instruction. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 31(1): 1–16. (in Thai)
- Ketsing, J., and Roadrangka, V. (2011). Inquiry-based instruction for science teaching. **Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University** 30(1): 84–105. (in Thai)
- Kijkuakul, S., Yutakom, N., and Engkagul, A. (2005). Grade 11 students' understanding about the nature of science. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 26(2): 133–145. (in Thai)
- Kolsto, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socio scientific issues. **Science Education** 85(3): 291–310.
- Ladachart, L. and Suttakun, L. (2012). Exploring and developing tenth-grade students' understandings of nature of science. **Princess of Naradhiwas University Journal** 4(2): 73–90. (in Thai)
- Ladachart, L., and Roadrangka, V. (2008). Exploring the state of teaching and learning about sound in higher secondary schools

- in Trang. **KKU Research Journal** 13(1): 1310–1320. (in Thai)
- Ladachart, L., Chimphali, K., Aryowong, N., Ngaewkoodrua, N., Srakho, S., Wangead, C., and Thammaprateep, J. (2015). Ninth grade students' making scientific inferences and explanations. **Silpakorn University Journal (Social Science, Humanities, and Art)** 35(1): 171–206. (in Thai)
- Ladachart, L., Suttakun, L., and Faikhamta, C. (2013). A critical difference between the promotion of “Nature of Science” instruction outside and inside Thailand. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 34(2): 269–282. (in Thai)
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education** 84(1): 71–94.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching** 51(1): 65–83.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching** 29(4): 331–359.
- Liangkrilas, J., and Yutakom, N. (2010). Case study: Perception among biology teachers of an inquiry-based approach to teaching and teaching practices. **Journal of Humanities and Social Sciences Maharakham University** 29(4): 23–37. (in Thai)
- Mahalee, K., and Faikhamta, C. (2010). The seventh grade students' understandings of nature of science. **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities** 16(5): 795–809. (in Thai)
- Minner, D. D., Levy, A. J., and Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. **Journal of Research in Science Teaching** 47(4): 474–496.
- Musikul, K. (2007). Teaching and learning through scientific inquiry. **IPST Journal** 35(149): 36–37. (in Thai)
- Nakthong, U., Anuntasethakul, T., and Yutakom, N. (2007). Science process skills of grade 10 students related to cells and cell processes. **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities**, 13(3): 383–394. (in Thai)
- National Institute of Educational Testing Service [NIETS]. (2010). **Research and Academics**. Retrieved from http://www.niets.or.th/index.php/research_th/view/8, March 11, 2014.

- National Research Council [NRC]. (1996). **The National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press.
- Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2013). **PISA 2015: Draft Science Framework**. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts>, March 11, 2014.
- Pongsophon, P. (2009). Teach science as science is. **Science** 63(1): 84–89. (in Thai)
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education** 66(2): 211–227.
- Promprasit, Y., Yutakom, N., and Jantraroithai, P. (2008). Perceptions of teachers and students about the current practice of teaching and learning of species diversity concepts. **Kasetsart Journal (Social Sciences)** 29(1): 1–10. (in Thai)
- Schwartz, R. S. and Lederman, N. G. (2002). “Its’ the nature of the beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 39(3): 205–236.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., and Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education** 88(4): 610–645.
- Supasorn, S. (2011). Science inquiry process in high school chemistry experiments: A review of science education research studies from Ubon Ratchathani University. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus** 22(3): 331–343. (in Thai)
- Tipkaew, K., and Pongsophon, P. (2012). Teaching and learning the nature of science: A case study of a demonstration School. **Parichart Journal** 25(3): 75–84. (in Thai)
- Yuenyong, C., and Narjaikaew, P. (2009). Scientific literacy and Thailand science education. **International Journal of Environmental and Science Education** 4(3): 335–349.